

Ball bearing for turbocharger**Publication number:** DE4327815 (A1)**Publication date:** 1994-03-03**Inventor(s):** MIYAKE NOBUHIKO [JP]**Applicant(s):** NSK LTD [JP]**Classification:**

- international: *F16C19/16; F16C19/54; F16C25/08; F16C33/30; F16C33/38; F16C33/44; F16C33/58; F16C33/62; F16C19/00; F16C19/02; F16C25/00; F16C33/30; F16C33/38; F16C33/58; F16C33/62; (IPC1-7): F16C19/52*

- European: *F16C33/38; F16C19/16; F16C19/54; F16C25/08; F16C33/44; F16C33/62*

Application number: DE19934327815 19930818**Priority number(s):** JP19920063377U 19920819; JP19920086817U 19921126**Also published as:**

DE4327815 (C2)
GB2269863 (A)
US5522667 (A)
JP6032740 (U)

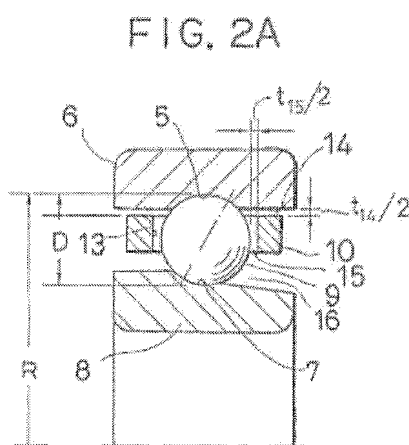
Cited documents:

DE3918323 (A1)
DE3890466T (T1)
US5028150 (A)

Abstract not available for DE 4327815 (A1)

Abstract of corresponding document: **GB 2269863 (A)**

In a ball bearing for use in a turbocharger comprising a housing and a rotating shaft for connecting an impeller to a turbine, the outer ring 6 is supported by the housing and the inner ring 8, which is of a heat-resistant metal, is fitted onto the rotating shaft in an axially mid portion thereof. The retainer 10 is made of a heat-resistant synthetic resin, and is guided by the outer ring. The bearing comprises a gap 14 for lubricant communication formed between the outer peripheral surface of the retainer and the inner peripheral surface of the outer ring and the gap dimension t_{14} measures from 1.0% to 3.5% of the outer diametric dimension of the retainer at room temperature.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 43 27 815 A 1**

51 Int. Cl.⁵:
F 16 C 19/52

21 Aktenzeichen: P 43 27 815.9
22 Anmeldetag: 18. 8. 93
43 Offenlegungstag: 3. 3. 94

DE 43 27 815 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31
19.08.92 JP 4-63377 U 26.11.92 JP 4-86817 U

71 Anmelder:
NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Ehnold, A.,
Dipl.-Ing.; Schuster, T., Dipl.-Phys.; Goldbach, K.,
Dipl.-Ing.Dr.-Ing.; Aufenanger, M., Dipl.-Ing.;
Klitzsch, G., Dipl.-Ing.; Vogelsang-Wenke, H.,
Dipl.-Chem. Dipl.-Biol.Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,
80538 München

72 Erfinder:
Miyake, Nobuhiko, Yokohama, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kugellager für einen Turbolader

57 Kugellager für die Verwendung in einem Turbolader mit einem Gehäuse und einer Rotationswelle zum Verbinden eines Kompressorads mit einem Turbinenrad, wobei ein äußerer Lagerring des Lagers in dem Gehäuse abgestützt ist, während ein innerer Lagerring auf einen Mittelteil der Rotationswelle in deren Axialrichtung gesehen gepaßt ist, und das Kugellager weiter einen inneren Lagerring und eine Mehrzahl von Kugeln aufweist, wobei ein Käfig zwischen dem äußeren Lagerring und dem inneren Lagerring angeordnet ist, dieser Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist und von dem äußeren Lagerring geführt ist, wobei das Lager einen Spalt für das Zuführen von Schmiermittel aufweist und der Spalt zwischen der Außenumfangsfläche des Käfigs und der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings ausgebildet ist, wobei dieser Spalt bei Raumtemperatur eine Spaltbreite von 1% bis 3,5% des Außendurchmessers des Käfigs aufweist.

DE 43 27 815 A 1

Die Erfindung betrifft ein Kugellager für einen Turbolader nach dem Oberbegriffen des Patentanspruchs 1 und des Patentanspruchs 5.

Im einzelnen betrifft die Erfindung ein Kugellager für Turbolader, insbesondere ein Kugellager, welches eine Rotationswelle abstützt, welche mit einem Pumpenrad, d. h. einem Kompressorrad, und einem Turbinenrad in einem Turbolader verbunden ist, welcher verwendet wird, um die Ausgangsleistung eines Kraftfahrzeugmotors zu erhöhen, wodurch die Rotationswelle mittels des Kugellagers so gelagert ist, daß die Rotationswelle sich relativ zu einem Gehäuse frei drehen kann.

Turbolader, mittels welchen Druckluft in den Motor unter Verwendung der Energie des Abgases hereingeführt wird, um die Motorleistung ohne eine Veränderung des Hubraums zu steigern, finden ein breites Anwendungsgebiet. Die Abgasenergie wird mittels einer Turbine gewonnen, welche in einem Abgaskanal angeordnet ist, und wird mittels einer Rotationswelle, an deren einem Ende das Turbinenrad befestigt ist, zu dem Kompressorrad übertragen, welches in einem Einlaßkanal des Motors angeordnet ist, um das Kompressorrad so zu drehen. Das Kompressorrad rotiert mit einer Drehzahl von einigen zehntausend bis einigen hunderttausend Umdrehungen pro Minute in Abhängigkeit von dem Betrieb des Motors, wodurch die Luft, welche durch den Einlaßkanal zu dem Motor geleitet wird, komprimiert wird.

Um die Ansprechempfindlichkeit des obigen Typs von Turbolader zu erhöhen, d. h. die Ansprechempfindlichkeit bei einem Beschleunigungsvorgang, ist es neuerdings übliche Praxis, die Rotationswelle mittels Kugellagern zu lagern. Fig. 4 zeigt ein Beispiel einer Lagerkonstruktion für eine Rotationswelle dieser Art.

Ein Paar von äußeren Distanzstücken 2 sind lose in ein Gehäuse 1 hineingepaßt und Schrägkugellager 4 sind zwischen den Innenumfangflächen der äußeren Distanzstücke 2 und einer Außenumfangsfläche der Rotationswelle 3 angeordnet. Von dem Kugellager ist jedes versehen mit: einem äußeren Lagerring 6 mit einer in einer Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings ausgebildeten Wälzbahn 5, einem inneren Lagerring 8 mit einer in einer Außenumfangsfläche des inneren Lagerrings ausgebildeten inneren Wälzbahn 7, und ist versehen mit einer Mehrzahl von Kugeln, welche frei drehbar zwischen der äußeren Wälzbahn 5 und der inneren Wälzbahn 7 angeordnet sind, sowie mit einem Käfig 10 zum drehbaren Festhalten der Mehrzahl von Kugeln 9. Die äußeren Lagerringe 6 der Kugellager 4 sind fest in die äußeren Distanzstücke 2 hineingepaßt, während die inneren Lagerringe 8 fest auf die Rotationswelle 3 gepaßt sind, so daß die Rotationswelle 3 so gelagert ist, daß sie sich frei im Inneren des Gehäuses 1 drehen kann.

Eine innere Distanzhülse 11 ist vorgesehen, um das Paar von inneren Lagerringen 8 in einem geeigneten Abstand zueinander zu halten, während eine Druckfeder 12 vorgesehen ist, um die Kugellager des Paares von Schrägkugellagern 4 gegeneinander anzustellen.

Bei der obigen Art von Konstruktion erfordern die Kugellager 4 zum Lagern der Rotationswelle 3 ein hohes Maß an Wärmebeständigkeit. Im einzelnen stehen die Kugellager 4, welche auf der Turbinenseite angeordnet sind, welche die Energie des Abgases aufnimmt, unter einem starken Wärmeeinfluß aufgrund der hohen Temperatur des Abgases (welches eine maximale Temperatur von annähernd 950°C aufweisen kann) und in-

folgedessen erfordert dieses Lager ein großes Maß an Warmfestigkeit.

Diesbezüglich offenbaren das US Patent Nr. 5,028,150 und die veröffentlichte, ungeprüfte japanische Patentanmeldung KOKAI Nr. H2-70923 Lager für Turbolader, bei welchen der innere Lagerring, welcher einer hohen Temperatur ausgesetzt ist, aus einem wärmebeständigen Werkstoff wie aus M50 AISI 440C hergestellt ist.

Andererseits offenbaren die veröffentlichten, ungeprüften japanischen Gebrauchsmuster KOKAI Nr. H2-54925, H3-88023 und H4-95125 sowie die veröffentlichten, ungeprüften japanischen Gebrauchsmusteranmeldungen KOKAI Nr. H3-96716, H3-117722, H3-188127 und H4-29617 Erfindungen, bei welchen die Wärmebeständigkeit des Käfigs durch Herstellen des Käfigs unter Verwendung eines wärmebeständigen Harzes wie Polyimid-Harz, Teflon, PTFE usw. verbessert wurde. Der Käfig, gemäß der Gebrauchsmusteranmeldung H4-95125, wird in einem Lager für Turbolader von Kraftfahrzeugen verwendet. Darüberhinaus ist es aus der veröffentlichten, ungeprüften japanischen Patentanmeldung KOKAI Nr. H1-159419 bekannt, daß die Kugeln 9, welche zwischen einem äußeren und einem inneren Stahllagerring des Kugellagers 4 angeordnet sind, aus einem keramischen Werkstoff hergestellt sind. Auch ist aus dem Gebrauchsmuster KOKAI Nr. H2-54925 ein keramisches Wälzelement bekannt. Die in den obigen Veröffentlichungen offenbarten Kugellager, welche keine Käfige aufweisen, sind sogenannte Nukugel-Kugellager.

Bei den bisher bekannten Kugellagern für Turbolader ist jeweils nur eine Einzelkomponente des Kugellagers verbessert und es hat keine Verbesserung in der Verbindung der Einzelkomponenten miteinander stattgefunden. Infolgedessen kann es in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen Konstellationen geben, in welchen die Wärmebeständigkeit unzureichend ist und eine ausreichende Lebensdauer nicht erzielt werden kann, oder die Leichtgängigkeit des Turboladers nicht gut genug ist.

Die veröffentlichten, ungeprüften japanischen Patentanmeldungen KOKAI Nr. S60-208626, H1-220718 und H1-220719 offenbaren Erfindungen, welche sich auf Wälzlager beziehen, welche einen äußeren und einen inneren Lagerring aufweisen, welche beide wärmebeständig und korrosionsbeständig sind, während der Wälzkörper aus Keramik hergestellt ist. Jedoch ist es die Aufgabe gemäß diesen vorgenannten Druckschriften, eine Rolle während des Eintauchens in ein heißes Tauchbad zu lagern, wobei die in den vorgenannten Veröffentlichungen offenbarten Lager ohne Käfig oder ähnliches gestaltet sind und für die Verwendung als Kugellager in einem Turbolader nicht geeignet sind.

Das heißt, im Fall von Wälzlagern, welche entsprechend dem in der zuvor erwähnten Veröffentlichung der ungeprüften japanischen Patentanmeldung KOKAI Nr. H1-159419 beschriebenen Kugellager ausgebildet sind, wobei ein Käfig zum Festhalten der Wälzkörper nicht vorgesehen ist, reiben die einander benachbarten Wälzkörper bei der Drehung der Welle aneinander. Infolgedessen erhöht sich der Widerstand bei der Drehung in ungewünschter Weise, und bei der Verwendung für die Abstützung einer Rotationswelle in einem Turbolader wird die Leichtgängigkeit und damit Ansprechempfindlichkeit in ungewünschter Weise beeinträchtigt.

Andererseits ist in der veröffentlichten, ungeprüften japanischen Gebrauchsmusteranmeldung KOKAI Nr. H2-54925 und in dem "Technical Bulletin No. 92-1545 of

Japan Institute of Invention and Innovation (Hatsumai Kyokai)" eine Konstruktion offenbart, bei welcher ein Käfig eines Kugellagers für einen Turbolader aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist und von einem äußeren Lagerring geführt ist. Wenn der Käfig aus einem Kunstharz mit einem niedrigen spezifischen Gewicht hergestellt ist, kann die Ansprechempfindlichkeit aufgrund einer Verringerung der Drehmasse verbessert werden, während der Käfig von dem äußeren Lagerring geführt wird und die Schwingung des Käfigs in Radialrichtung verhindert sowie die Vibration verringert werden kann, wenn die Rotation stattfindet.

Jedoch führt die Herstellung des Käfigs aus Kunstharz und eine Führung des Käfigs mittels des äußeren Lagerrings nicht zu dem Ergebnis eines ausreichend zufriedenstellenden Betriebsverhaltens. Dies resultiert daraus, daß der Koeffizient der Längenausdehnung des Kunstharzes bei Temperaturerhöhung größer als bei Metallen wie Messing, Stahl oder ähnliches ist, so daß, wenn die Beziehung zwischen dem Außendurchmesser des Kunstharzkäfigs und dem Durchmesser der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings, welcher als Führung für den Käfig aus Kunstharz dient, nicht geeignet gewählt ist, der Rotationswiderstand des Käfigs groß wird oder Schwingungen des Käfigs übermäßig stark werden.

Wenn beispielsweise der Außenumfang des Kunstharzkäfigs annähernd dem Durchmesser der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings entspricht, so daß der Spalt zwischen der Außenumfangsfläche des Käfigs und der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings sehr klein wird, rücken die Außenumfangsfläche des Käfigs und die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings sehr dicht zusammen oder gelangen in Kontakt miteinander, wodurch die Temperatur sich während des Betriebs des Turboladers erhöht.

Wenn die Außenumfangsfläche des Käfigs und die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings sehr dicht aneinandergrenzen, kann das Schmieröl, welches sich um die Kugeln 9 herum befindet, nicht leicht genug zu einem äußeren Bereich herausgeführt werden, so daß sich um die Kugeln herum mehr Schmieröl befindet als erforderlich ist. Infolgedessen erhöht sich der Verdrängungswiderstand zum Verdrängen des Schmieröls mittels der Kugeln 9, wodurch sich der Drehwiderstand der Kugellager erhöht und sich die Ansprechempfindlichkeit des Turboladers, welcher derartige Kugellager aufweist, verschlechtert.

Wenn aufgrund eines Kontakts der Außenumfangsfläche des Käfigs und der Innenumfangsfläche des Außenrings der Rotationswiderstand des Käfigs extrem groß wird, wird nicht nur die Ansprechempfindlichkeit des Turboladers stark beeinträchtigt, sondern je nach Situation besteht auch die Möglichkeit eines Fressens des Kugellagers.

Wenn andererseits der Außendurchmesser des Kunstharzkäfigs, verglichen mit dem Durchmesser der Innenumfangsfläche des Außenrings deutlich kleiner ist, wird der Spalt zwischen der Außenumfangsfläche des Käfigs und der Innenumfangsfläche des Außenrings deutlich größer, so daß der Käfig anfällig für Schwingungen während des Betriebs wird. Im einzelnen ist es schwierig, die Masse eines Kunstharzkäfigs in Umfangsrichtung exakt gleich zu verteilen; und obwohl die Ungleichmäßigkeit sehr klein ist, kann eine unausgeglichene Massenverteilung in Umfangsrichtung nicht vermieden werden. Wenn daher der Spalt zu groß ist, schwingt der Käfig aufgrund einer zu großen Verlagerbarkeit,

wenn er mit hoher Geschwindigkeit beim Betrieb des Turboladers rotiert.

Eine solche, durch Unwucht hervorgerufene Schwingung des Kunstharzkäfigs erzeugt laute Geräusche und in extremen Fällen kann ein Verschleiß des Käfigs sowie ein Versagen desselben auftreten.

Das Kugellager für Turbolader gemäß der Erfindung wurde entsprechend der obigen Gesichtspunkte gestaltet.

Dies wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 und im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 5 erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Das Kugellager gemäß der Erfindung wird für einen Turbolader verwendet, welcher ein Gehäuse und eine Rotationswelle zum Verbinden eines Kompressorads mit einem Turbinenrad aufweist, wobei das Kugellager einen äußeren Lagerring aufweist, in dessen innerer Umfangsfläche eine äußere Wälzbahn ausgebildet ist, wobei ein innerer Lagerring aus einem wärmebeständigen Metall ausgebildet ist und eine äußere Umfangsfläche aufweist, in welcher eine innere Wälzbahn ausgebildet ist, wobei eine Mehrzahl von Kugeln drehbar zwischen der äußeren Wälzbahn und der inneren Wälzbahn angeordnet sind, und ein Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist sowie eine Mehrzahl von Taschen aufweist, in welchen die Kugeln einzeln drehbar festgehalten sind.

Die Turbolader-Kugellager gemäß der Erfindung, wie es auch schon bei oben erwähnten herkömmlichen Turbolader-Kugellagern der Fall ist, sind mit einem äußeren Ring mit einer äußeren Wälzbahn auf einer inneren Umfangsfläche des äußeren Lagerrings versehen und im Inneren eines Gehäuses gelagert, und ein innerer Lagerring mit einer inneren Wälzbahn auf einer äußeren Umfangsfläche des inneren Lagerrings ist vorgesehen und fest auf die Außenumfangsfläche eines mittleren Teils einer Rotationswelle gepaßt, welche ein Kompressorrad mit einem Turbinenrad verbindet, wobei eine Mehrzahl von Kugeln frei drehbar zwischen der äußeren Wälzbahn und der inneren Wälzbahn angeordnet ist, und der Käfig mit der gleichen Anzahl von Taschen wie der Anzahl von Kugeln versehen ist, um in jeder der Taschen eine jeweils zugehörige Kugel aufzunehmen.

Im einzelnen ist bei den Turbolader-Kugellagern gemäß der Erfindung ein Merkmal, daß mindestens der innere Lagerring des inneren bzw. äußeren Lagerrings aus einem wärmebeständigen Metall hergestellt ist und der Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist der Käfig des Turbolader-Kugellagers aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt, wobei die Außenumfangsfläche des Käfigs in enger Nähe zu der Innenumfangsfläche des Außenrings angeordnet ist, wobei der Käfig frei drehbar abgestützt und mittels des Außenrings geführt ist, wobei die Größe des zwischen der Außenumfangsfläche des Käfigs und der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings ausgebildeten Führungsspalts unter normalen Bedingungen nicht kleiner als 1% und nicht größer als 3,5% des Außendurchmessers des Käfigs ist.

Weil bei dem Turbolader-Kugellager gemäß der Erfindung, welches in der oben beschriebenen Weise konstruiert ist, eine zusätzliche Verbesserung der Verbindung und des Zusammenwirkens der Einzelteile miteinander erzielt wird, kann eine zufriedenstellende Lebens-

dauer verwirklicht werden und die Ansprechempfindlichkeit des Turboladers kann verbessert werden.

Zunächst ist das Turbolader-Kugellager gemäß der ersten Ausführungsform so gestaltet, daß der Innenring aus einem wärmebeständigen Metall und der Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt sind. Infolgedessen wird die Ansprechempfindlichkeit aufgrund einer Verringerung der trägen Drehmasse des Käfigs verringert, und die Ansprechempfindlichkeit wird darüberhinaus durch eine Verringerung der Viskosität des Schmieröls verbessert. Das heißt, durch die Herstellung des inneren Lagerrings und des Käfigs aus einem wärmebeständigen Material ist es möglich, die Temperatur des Schmieröls zu erhöhen, welches dem Kugellager zugeführt wird. Wenn die Temperatur des Schmieröls vergrößert wird, verringert sich proportional dazu die Viskosität des Schmieröls, so daß der Rotationswiderstand der Kugeln und der Käfigs verringert werden, was zu einer verbesserten Ansprechempfindlichkeit führt.

Gemäß der zweiten Ausführungsform der Turbolader-Kugellagers kann das obige Ergebnis erzielt werden, weil der Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist. Zusätzlich zu diesem Ergebnis können Schwingungen des Käfigs unterbunden werden, während die Ansprechempfindlichkeit und die Lebensdauer des Käfigs lang andauern und ein Fressen der Kugellager verhindert wird.

Das heißt, die Spaltbreite des Führungsspalts zwischen der Außenumfangsfläche des Käfigs und der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings ist nicht kleiner als 1% des Außendurchmessers des Käfigs, so daß sogar bei einem Anstieg in der Temperatur vermieden wird, daß die Außenumfangsfläche des Käfigs und die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings sich sehr nah aneinander annähern oder miteinander in Kontakt kommen. Darüber hinaus wird das Problem von überschüssigem, um die Kugeln herum verbleibendem Schmieröl vermieden, so daß der Verdrängungswiderstand der Kugeln klein bleibt. Weiter wird ein Ansteigen des Rotationswiderstands des Käfigs ebenfalls vermieden und die Ansprechempfindlichkeit des Turboladers wird erhöht. Weil darüberhinaus die Spaltbreite des Führungsspalts nicht größer als 3,5% des Außendurchmessers des Käfigs gehalten wird, wird eine große radiale Lageänderung des Käfigs vermieden, so daß der Käfig weniger anfällig für Schwingungen aufgrund von Unwucht ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1A einen Teilschnitt, welcher eine Ausführungsform des Kugellagers für Turbolader zeigt;

Fig. 1B einen Teilschnitt, welcher ein weiteres Ausführungsbeispiel des Kugellagers für Turbolader zeigt;

Fig. 1C einen Teilschnitt, welcher noch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Kugellagers für Turbolader zeigt;

Fig. 2 ein Diagramm, welches die Beziehung zwischen der Temperaturänderung und der Änderung der Spaltbreite zwischen der äußeren Umfangsfläche des Käfigs und der inneren Umfangsfläche des äußeren Lagerrings für drei verschiedene Materialien des Käfigs zeigt;

Fig. 3 ein Diagramm, welches eine Beziehung zwischen der oben erwähnten Spaltbreite und den erzeugten Geräuschen veranschaulicht; und

Fig. 4 einen Teilschnitt eines Kugellagers für Turbolader als ein Einbaubeispiel.

Die Fig. 1A bis 1C zeigen drei Beispiele von Turbolader-Kugellager-Konstruktionen. Bei allen Ausführungsformen sind die Kugellager mit einem äußeren Lagerring 6, der rings seiner Innenumfangsfläche eine äußere Wälzbahn 5 aufweist, und mit einem inneren Lagerring 8, welcher rings seiner äußeren Umfangsfläche eine innere Wälzbahn 7 aufweist, versehen, und es sind weiter vorgesehen eine Mehrzahl von Kugeln 9, welche aus Keramik oder Kugellagerstahl hergestellt sind und so angeordnet sind, daß sie sich frei zwischen der äußeren Wälzbahn 5 und der inneren Wälzbahn 7 drehen können, und einem Käfig 10, welcher eine gleichgroße Anzahl an Taschen 13 aufweist wie die Anzahl der Kugeln 9, um jede der Kugeln 9 im Inneren der jeweiligen Taschen 13 drehbar festzuhalten.

Das in Fig. 1A gezeigte Kugellager weist eine tiefnutige äußere Wälzbahn 5 und eine nach nur eine Seite geöffnete innere Wälzbahn 7 auf. Bei dem in Fig. 2B gezeigten Lager sind sowohl die äußere Wälzbahn 5 als auch die innere Wälzbahn 7 zu den jeweiligen Seiten hin geöffnet, während bei dem in Fig. 2C gezeigten Lager die innere Wälzbahn 7 tiefnutig gestaltet ist, während die äußere Wälzbahn 5 zu einer Seite hin geöffnet ist. Jedoch sind sämtliche Konstruktionen mit Kugeln 9 versehen, welche die äußere Wälzbahn 5 und die innere Wälzbahn 7 in einem Kontaktwinkel kontaktieren und als Schrägkugellager im montierten Zustand dienen, wobei die Kugellager zwischen der Umfangsfläche einer Turbolader-Rotationswelle 3 (siehe Fig. 4) und der Innenumfangsfläche des äußeren Distanzstücks 2 wirken, welches in dem Turbolader-Gehäuse 1 abgestützt ist (vergleiche Fig. 1).

Zumindest der innere Lagerring 8 oder der äußere Lagerring 6 oder vorzugsweise der äußere und der innere Lagerring 6 bzw. 8 sind aus hitzebeständigem Metall, wie wärmebeständigem, rostfreiem Stahl oder Molybdän-Stahl, beispielsweise M50, SUS 440C, SUS 420F usw. hergestellt. Darüberhinaus ist der Käfig 10 aus wärmebeständigem Kunstharz mit einer Betriebstemperatur von über 150°C hergestellt, wie beispielsweise Polyimid-Harz, PPS-Harz, Polyethersulfon-Harz (PES), Polyetherimid-Harz (PEI), Polyamidimid-Harz (PAI), Polyetherketon-Harz (PEEK).

Bei dem Turbolader-Kugellager gemäß obiger Konstruktion ist zumindest der innere Lagerring 8 aus einem wärmebeständigen Metall und der Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt, wodurch das gesamte Kugellager eine ausreichende Wärmebeständigkeit aufweist, auch wenn es einer hohen Abgastemperatur während des Betriebs ausgesetzt ist, wodurch eine ausreichende Lebensdauer verwirklicht werden kann. Infolgedessen ist sogar auf der Turbinenseite, welche besonders hohen Temperaturen während der Benutzung ausgesetzt ist, ein zuverlässiger Betrieb des Lagers über eine lange Zeitdauer möglich.

Wenn die Kugellager in den Turbolader montiert sind, steigt, insbesondere für den Fall eines plötzlichen Stoppens des Motors ausgehend von einem Hochgeschwindigkeitsbetrieb, die Temperatur in den Kugellagerteilen rapide an. Im einzelnen steigt die Temperatur des inneren Lagerrings 8, welcher einem deutlichen Einfluß durch die Abgaswärme mittels der Rotationswelle 3 ausgesetzt ist, sehr schnell an. Dadurch wird die Lebensdauer des Kugellagers aufgrund einer wärmebedingten geringeren Härte des inneren Lagerrings 8 verringert. Jedoch ist bei den Turbolader-Kugellagern gemäß der vorliegenden Ausführungsform aufgrund dessen, daß zumindest der innere Lagerring 8 aus einem wärmebe-

ständigen Metall hergestellt ist, eine Resistenz gegen die Verringerung der Härte gegeben, so daß ein zuverlässiger Betrieb über eine lange Zeitdauer möglich ist.

Kraftfahrzeuge, die mit einem Turbolader ausgestattet sind, weisen eventuell eine sogenannte Leerlauf-Nachlauf-Einrichtung auf, so daß der Motor nach dem Ausschalten der Zündung nicht unmittelbar stoppt, sondern im Leerlauf eine gewisse Zeitdauer weiterläuft und der Motor später automatisch abgeschaltet wird. Im Falle einer solchen Leerlauf-Nachlauf-Einrichtung kann für Kugellager von Turboladern eine ausreichende Lebensdauer sowohl des äußeren Lagerrings 6 als auch des inneren Lagerrings 8 gewährleistet werden, auch wenn diese aus einem herkömmlichen Kugellagerstahl hergestellt sind.

Weil der Käfig ebenfalls aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist, deformiert sich dieser nicht, so daß eine Beeinträchtigung der Rotation der Kugeln 9 aufgrund einer Deformation des Käfigs 10 nicht auftritt. Weil darüber hinaus ein aus Kunstharz hergestellter Käfig ein leichtes Gewicht verglichen mit einem Käfig hat, der aus Metall wie Waffenstahl hergestellt ist, kann das für das Drehen des Käfigs benötigte Drehmoment verringert werden. Infolgedessen kann das für das Drehen der Rotationswelle 3 benötigte Drehmoment aufgrund der Verwendung des Kugellagers mit einem Käfig aus wärmebeständigem Kunstharz verringert werden, auch wenn das Lager unter Hochtemperatur-Bedingungen arbeitet, wie sie in einem Turbolader herrschen.

Darüberhinaus rotiert der Käfig 10 aufgrund der Anordnung der äußeren Umfangsfläche des Käfigs 10 in enger Nähe zu der inneren Umfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 unter der Führung dieses äußeren Lagerrings 6, so daß der Käfig 10 gemäß einer sogenannten "Außenring-Führung" abgestützt wird. Darüber hinaus ist die Oberflächenrauigkeit desjenigen Teils der inneren Umfangsfläche des äußeren Lagerrings 6, welcher der äußeren Umfangsfläche des Käfigs 10 gegenüberliegt, vorzugsweise nicht größer als 0,6 Ra, während die Oberflächenrauigkeit der äußeren Umfangsfläche des Käfigs 10 nicht größer als 1,0 Ra ist, während die Oberflächenrauigkeit der inneren Umfangsfläche des Käfigs 10 nicht größer als 0,6 Ra ist. Auf der anderen Seite ist die Rundheit (der entsprechende Kennwert könnte auch als Abweichung von der Rundheit bezeichnet werden) der inneren Umfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 vorzugsweise nicht größer als 0,04 und von der Außenumfangsfläche des Käfigs 10 ebenfalls nicht größer als 0,04.

Darüberhinaus ist ein Ringspalt oder ein Abstand 14 zwischen der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 und der Außenumfangsfläche des Käfigs 10 zum Durchdringen mit Schmieröl vorgesehen, wobei die Spaltbreite mit t14 bezeichnet ist (= Innendurchmesser des äußeren Lagerrings 6 - Außendurchmesser des Käfigs 10), wobei bei normaler Raumtemperatur die Spaltbreite zwischen 2% und 15% des Außendurchmessers D der Kugeln 9 beträgt. Ein Ringspalt oder ein Abstand 15 ist auch zwischen der Innenumfangsfläche der Tasche 13 und der Außenfläche der jeweiligen Kugel 9 ausgebildet, um ein Durchpassieren von Schmieröl zu ermöglichen, wobei diese Spaltbreite mit t15 bezeichnet ist (= Innendurchmesser der Tasche 13 - Außendurchmesser D der Kugel 9), wobei diese Spaltbreite unter normalen Raumtemperaturen vorzugsweise zwischen 2% und 15% des Außendurchmessers D beträgt.

Neben der Bestimmung anhand des Außendurchmes-

sers der Kugel 9 wird die Spaltbreite t14 des Spalts 14 auch aufgrund des Außendurchmessers R des Käfigs 10 bestimmt. Das heißt, die Spaltbreite t14 wird in einem Bereich zwischen 1% und 3,5% des Außendurchmessers R des Käfigs 10 gewählt ($0,01 R \leq t14 \leq 0,035 R$).

Der Käfig 10 wird auf diese Weise von dem äußeren Lagerring geführt, wobei die Oberflächenrauigkeit verschiedener Teile und die Spaltbreite der Spalte 14 und 15 genau eingestellt werden müssen, so daß das Drehmoment, welches für eine Drehung des inneren Lagerrings 8 erforderlich ist, minimiert werden kann, und die Funktion des Turboladers so verbessert werden kann.

Wenn die Kugellager in dem Turbolader montiert sind, erfolgt die Schmierung mit Schmieröl, indem dieses auf die Außenumfangsfläche des inneren Lagerrings 8 gerichtet (aufgesprüht) wird. Das Öl, welches auf der Außenumfangsfläche des inneren Lagerrings 8 haftet, wird dann von der Außenumfangsfläche aufgrund der Zentrifugalkraft durch den Spalt 15 gedrückt, welcher zwischen den Innenumfangsflächen der Taschen 13 und den Außenumfangsflächen der jeweils zugehörigen Kugeln 9 ausgebildet sind, und zu der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 hin bewegt. Das Schmieröl, welches die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 erreicht hat, wird dann durch den Spalt 14 herausgeführt, welcher zwischen der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 und der Außenumfangsfläche des Käfigs 10 geformt ist.

Um eine Zu- und Herausführung des zu transportierenden Schmieröls auf wirksame Weise zu erreichen, muß die Querschnittsfläche ausreichend groß sein, um zu gewährleisten, daß die Außenumfangsfläche des inneren Lagerrings 8 frei zugänglich ist und daß kein zu starker Widerstand hinsichtlich der Strömung des Schmieröls durch die jeweilige Spalte 15 und 14 herrscht. Aus diesem Grund ist ein relativ großer Zwischenraum 16 zwischen der Innenumfangsfläche des Käfigs 10 und der Außenumfangsfläche des inneren Lagerrings 8 ausgebildet, wobei der Käfig 10 von dem äußeren Lagerring geführt wird und die Spaltbreite der Spalte 15 und 14 genau eingestellt ist.

Weil weiter der Koeffizient der Längenausdehnung, d. h. der Wärmedehnungskoeffizient, des für den Käfig 10 verwendeten Kunstharzes größer als die für den äußeren Lagerring 6 verwendeten Stahllegierung ist, verringert sich die Spaltbreite t14 des Spalts 14 mit zunehmender Temperatur, wenn der Turbolader in Betrieb genommen wird.

Aufgrund von Experimenten hat sich ergeben, daß die Spaltbreite t14 sich mit ansteigender Temperatur ändert, wie anhand der gestrichelten Linie "a" in Fig. 2 gezeigt, wenn der Käfig 10 aus einer Stahllegierung hergestellt ist, und wie anhand der strichpunktierten Linie "b" in dem Fall gezeigt, in dem der Käfig 10 aus Messing hergestellt ist, während sich die Spaltbreite t14 mit zunehmender Temperatur ändert, wie anhand der durchgezogenen Linie "c" in der gleichen Figur gezeigt, ist wenn der Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist. In Fig. 2 ist auf die horizontale Achse oder Abszisse die Änderung der Temperatur aufgetragen, während auf die vertikale Achse oder Ordinate die prozentuale Änderung der Spaltbreite t14, bezogen auf den Außendurchmesser R des Käfigs 10, aufgetragen ist.

Die Temperatur des Turboladers kann sich um mehr als 200°C zwischen dem laufenden und stationären Zustand ändern. Um daher, wie in Fig. 2 gezeigt, während

der Benutzung einen Spalt 14 mit einer ausreichenden Spaltbreite t14 zu gewährleisten, sollte die Spaltbreite nicht weniger als 1% des Außendurchmessers R des Käfigs 10 betragen.

Andererseits sollte der maximale Wert der Spaltbreite t14 so bemessen sein, daß Schwingungen aufgrund von Unwucht des Käfigs 10 während des Betriebs des Turboladers unterdrückt werden. Es wurden daher umfangreiche Versuche durchgeführt, in welchen der Prozentsatz der Spaltbreite t14 des Spalts 14 relativ zu dem Außendurchmesser R des Käfigs 10 geändert wurde. Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, wurde herausgefunden, daß mit zunehmender Spaltbreite t14 die bei laufendem Turbolader erzeugten Lagergeräusche allmählich ansteigen, während bei Überschreiten eines Prozentsatzes von 3,5% ein starkes Ansteigen des Lager-Betriebsgeräuschs auftritt.

Darüberhinaus trat bei den in Fig. 3 mit "x" bezeichneten Prozentsätzen von 0,5% bis 0,75% ein Fressen während des Betriebs des Turboladers auf. Wenn darüberhinaus der Prozentsatz annähernd 0,8% betragen hat, was durch "Δ" bezeichnet ist, trat ein deutlicher Verschleiß des Käfigs 10 auf. Wenn darüberhinaus der Prozentsatz annähernd 1,0% betrug, was durch das Symbol "O" bezeichnet ist, traten im einzelnen keine Probleme auf.

Wenn, wie anhand der Fig. 2 und 3 zu erkennen ist, die Spaltbreite t14 größer als 1% und kleiner als 3,5% des Außendurchmessers R des Käfigs 10 ist, wird vermieden, daß die Außenumfangsfläche des Käfigs 10 und die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 sich sehr nahe aneinander annähern oder in Kontakt miteinander gelangen, selbst wenn die Temperatur während des Betriebs des Turboladers ansteigt. Im Ergebnis verbleibt kein überschüssiges Schmieröl um die Kugeln 9 herum, so daß der Öl-Verdrängungswiderstand bei den Kugeln 9 nicht ansteigt. Darüberhinaus wird ein Ansteigen des Rotationswiderstands des Käfigs 10 ebenfalls vermieden, wodurch das Betriebsverhalten des Turboladers hinsichtlich dessen Leichtgängigkeit und Ansprechbarkeit verbessert wird. Gleichzeitig wird ein großes Spiel des Käfigs 10 vermieden, so daß der Käfig 10 weniger anfällig für Schwingungen aufgrund von Unwucht ist.

Aufgrund der Tatsache, daß die Fließfähigkeit des Schmieröls, welches sich in den jeweiligen Teilen der Spalte oder Abstände 15 und 14 befindet, auf Grund einer Erhöhung der Schmieröltemperatur bei dem Turbolader-Kugellager stark verbessert werden kann, bei welchem der Käfig 10 aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt ist (und der äußere Lagerring 6, der innere Lagerring 8 und die Kugeln 9 aus einem keramischen Werkstoff oder einem metallischen Werkstoff hergestellt sind, welche mindestens die Wärmebeständigkeit eines Kugellagerstahls aufweisen, so daß ein gewisser Grad an Wärmebeständigkeit gewährleistet werden kann), wozu die Menge des dem Lager zugeführten Schmieröls verringert wird und die Kühlung aufgrund des Schmieröls entsprechend verringert wird, so daß die Temperatur des Schmieröls wirksam gesteigert werden kann, um dessen Viskosität zu verringern. Wenn die Menge des dem Kugellager zugeführten Schmieröls in der oben beschriebenen Weise klein gehalten wird, können die Verluste aufgrund eines, durch den Verdrängungswiderstand wegen der Ölverdrängung hervorgerufenen Drehmoments verringert werden, so daß der Turbolader mit einem geringeren Drehmoment gedreht werden kann und so eine gute An-

sprechbarkeit aufweist.

Indem die Oberflächenrauigkeit der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6, der Außenumfangsfläche des Käfigs 10 und der Innenumfangsfläche des Käfigs 10 so gewählt werden, daß diese Rauigkeiten einen optimierten Wert haben, kann das Schmieröl gleichmäßig strömen, so daß eine Verschlechterung der Leichtgängigkeit aufgrund von überschüssigem Öl verhindert werden kann. Wenn weiter die Rundheit oder die Abweichung von der Rundheit von der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings 6 und der Außenumfangsfläche des Käfigs 10 wie oben erwähnt so gewählt werden, daß ein optimierter Wert herrscht, kann der Widerstand gegen den Käfig 10, welcher im Inneren des äußeren Lagerrings 6 rotiert, verringert werden, so daß der Käfig 10 gleichmäßig rotiert und das Drehmoment, welches zum Drehen des inneren Lagerrings 8 benötigt wird, aufgrund dieser Verbesserung verringert wird.

Aufgrund der Konstruktion und des Betriebsverhaltens des Kugellagers für einen Turbolader, wie anhand der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, wird eine ausreichende Lebensdauer gewährleistet und ein gleichmäßiges Betriebsverhalten über einen langen Zeitraum gewährleistet, wodurch die Leichtgängigkeit und damit Ansprechbarkeit des Turboladers verbessert wird.

Patentansprüche

1. Kugellager für einen Turbolader mit einem Gehäuse und einer Rotationswelle zum Verbinden eines Kompressorads mit einem Turbinenrad, wobei das Kugellager in Radialrichtung zwischen dem Gehäuse und der Rotationswelle angeordnet ist und in Axialrichtung zwischen dem Kompressorrad und dem Turbinenrad angeordnet ist, und das Kugellager einen von dem Gehäuse getragenen äußeren Lagerring aufweist, welcher seinerseits mit einer Innenumfangsfläche versehen ist, in welcher eine äußere Wälzbahn ausgebildet ist, und das Kugellager einen Innenring aufweist, welcher auf die Rotationswelle in einem Mittelteil, bezogen auf deren axiale Erstreckung gepaßt ist, wobei der innere Lagerring eine Außenumfangsfläche aufweist, in welcher eine innere Wälzbahn ausgebildet ist, wobei eine Mehrzahl von Kugeln drehbar zwischen der äußeren Wälzbahn und der inneren Wälzbahn angeordnet sind, und ein Käfig mit einer Mehrzahl von Taschen vorgesehen ist, in welchen jeweils eine Kugel drehbar festgehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der innere Lagerring aus einem wärmebeständigen Metall und der Käfig aus einem wärmebeständigen Kunstharz hergestellt sind.
2. Kugellager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Lagerring aus einem wärmebeständigen Metall hergestellt ist.
3. Kugellager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Käfig eine Außenumfangsfläche aufweist, welche dicht an die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings angrenzt, so daß der Käfig drehbar zwischen dem äußeren Lagerring und dem inneren Lagerring abgestützt ist und von dem äußeren Lagerring geführt wird, wobei die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings eine Oberflächenrauigkeit von bis zu 0,6 Ra in demjenigen Bereich aufweist, welcher der Außenumfangsfläche des Käfigs gegenüberliegend angeordnet ist, wobei die Außenumfangsfläche des Käfigs eine Oberflä-

chenrauigkeit von bis zu 1,0 Ra aufweist, während die Innenumfangsfläche des Käfigs eine Oberflächenrauigkeit von bis zu 0,6 Ra aufweist, und die Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings eine Rundheit von bis zu 0,04 aufweist, während die Außenumfangsfläche des Käfigs ebenfalls eine Rundheit von bis zu 0,04 aufweist.

4. Kugellager nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Spalt zum Zuführen von Schmiermittel zwischen der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings und der Außenumfangsfläche des Käfigs ausgebildet ist, wobei die Spaltbreite bei Raumtemperatur 2% bis 15% des Außendurchmessers der Kugel beträgt, und ein zweiter Spalt für das Zuführen von Schmiermittel zwischen der Innenumfangsfläche der Tasche und der Außenumfangsfläche der Kugel ausgebildet ist, wobei die Spaltbreite dieses Spalts bei Raumtemperatur zwischen 2% und 15% des Durchmessers der Kugel beträgt.

5. Kugellager für einen Turbolader mit einem Gehäuse und einer Rotationswelle zum Verbinden eines Kompressorads mit einem Turbinenrad, wobei das Kugellager in Radialrichtung zwischen dem Gehäuse und der Rotationswelle angeordnet ist und in Axialrichtung zwischen dem Kompressorrad und dem Turbinenrad angeordnet ist, und das Kugellager einen von dem Gehäuse getragenen äußeren Lagerring aufweist, welcher seinerseits mit einer Innenumfangsfläche versehen ist, in welcher eine äußere Wälzbahn ausgebildet ist, und das Kugellager einen Innenring aufweist, welcher auf die Rotationswelle in einem Mittelteil, bezogen auf deren axiale Erstreckung gepaßt ist, wobei der innere Lagerring eine Außenumfangsfläche aufweist, in welcher eine innere Wälzbahn ausgebildet ist, wobei eine Mehrzahl von Kugeln drehbar zwischen der äußeren Wälzbahn und der inneren Wälzbahn angeordnet sind, und ein Käfig mit einer Mehrzahl von Taschen vorgesehen ist, in welchen jeweils eine Kugel drehbar festgehalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Käfig eine Außenumfangsfläche aufweist und der äußere Lagerring eine Innenumfangsfläche aufweist, welche in enger Nachbarschaft zu der Außenumfangsfläche des Käfigs angeordnet ist, so daß der Käfig drehbar zwischen dem äußeren Lagerring und dem inneren Lagerring abgestützt ist und durch den äußeren Lagerring geführt ist, wobei ein Führungsspalt zwischen der Innenumfangsfläche des äußeren Lagerrings und der Außenumfangsfläche des Käfigs vorhanden ist, wobei die Raumtemperatur-Spaltbreite in einem Bereich von 1% bis 3,5% des Außendurchmessers des Käfigs gewählt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 4

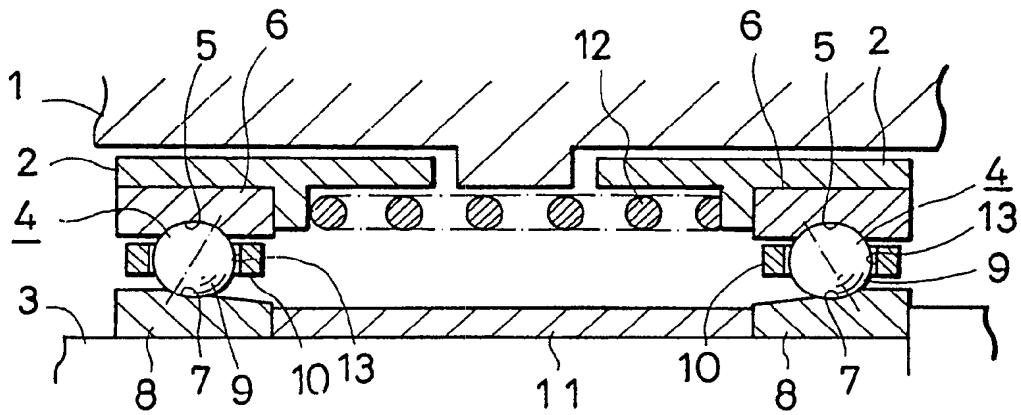


FIG. 1A

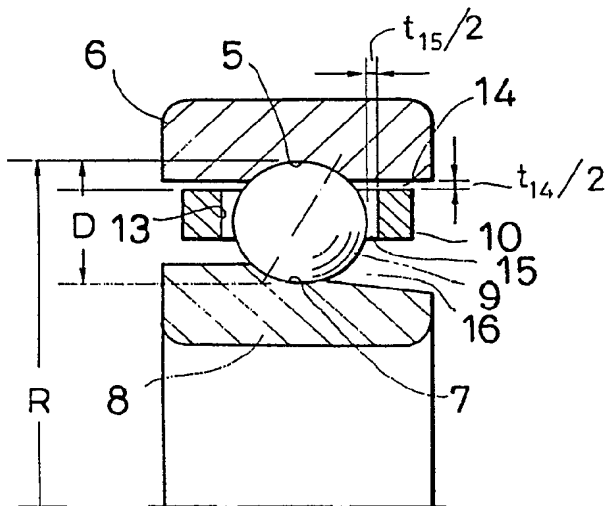


FIG. 1B

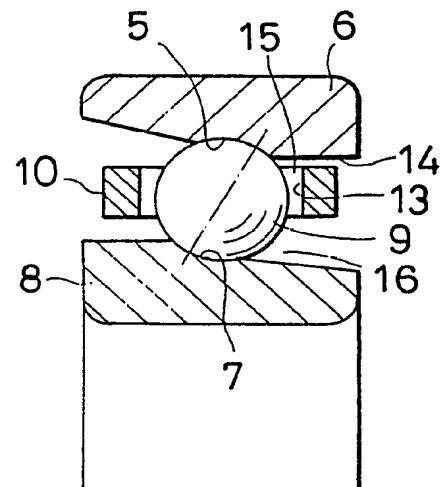


FIG. 1C

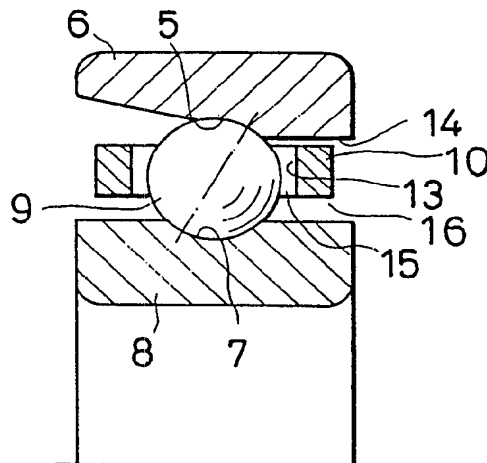


FIG. 2

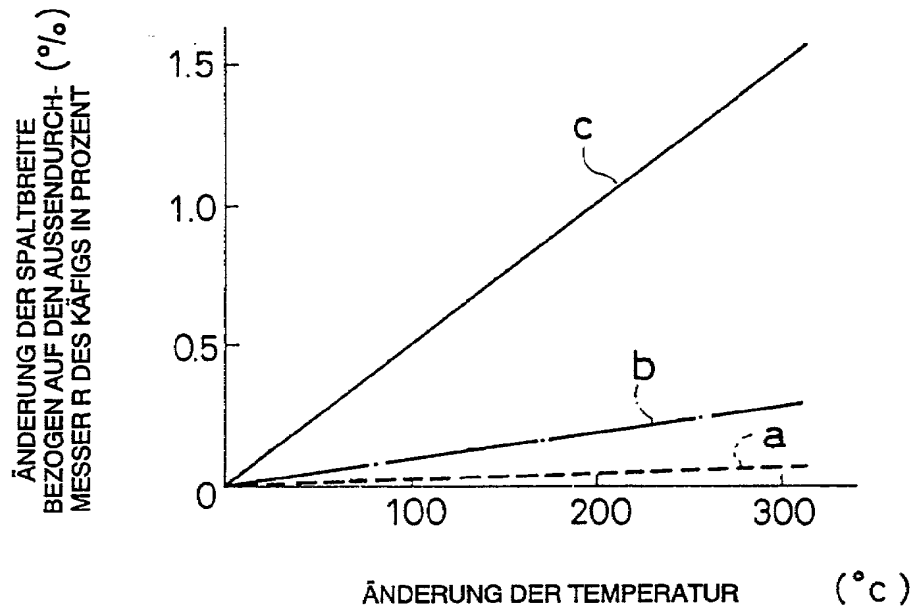


FIG. 3

